

Sistem Pengaturan Kecepatan Motor dengan Metode *Fuzzy Logic* pada *Mobile Robot* untuk Menarik Troli Makanan

Wening Kharisma Mawardani, Joko Susila, dan Joko Priambodo
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: jokosus@ee.its.ac.id

Abstrak—Pendistribusian makanan dan obat-obatan pasien rawat inap RSUD Dr. R Koesma Tuban dilakukan dengan menggunakan troli makanan dan didorong secara manual oleh perawat dari ruang gizi menuju kamar pasien. Serta untuk meminimalisir kontak antara tenaga medis dengan pasien covid diperlukan alat yang dapat dioperasikan oleh tenaga medis dari jarak jauh. Pada project akhir dibuat suatu mobile robot untuk menarik troli makanan dan dapat dikontrol dari jarak jauh dengan penambahan kamera untuk komunikasi antara tenaga medis dan pasien. Komponen utama yang digunakan sebagai kontrol utama adalah *remote control* yang telah dihubungkan melalui modul Wifi ESP 8226 pada mikrokontroler Arduino Mega 2560, sumber tegangan dari *supply Accu 24v*, Driver motor IBT-2 sebagai pengatur gerak *electric linier actuator* dan Motor DC 24v, Sensor *ultrasonic* digunakan sebagai pendeteksi jarak. Dari hasil penelitian, MQTT dapat digunakan sebagai protokol komunikasi antara *joystick* dengan *mobile robot*. Pengaturan kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan mengatur nilai *adc* pada *joystick* menggunakan metode *Fuzzy* dengan % eror yang dihasilkan sebesar 0.12%. Kemampuan derajat belokan roda hanya berkisar antara 60°-120°. Beban maksimum yang dapat ditarik mobile robot sebesar 63 kg (troli 28kg & beban tambahan 35kg) dengan kecepatan min 15.9 RPM.

Kata Kunci—*Fuzzy Logic, Mobile Robot, MQTT*.

I. PENDAHULUAN

TROLI merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ketempat lainnya secara manual. Penggunaan troli memudahkan manusia saat membawa dan memindahkan barang dalam jumlah yang banyak. Troli yang umum digunakan mengharuskan pengguna mendorong troli tersebut untuk membantu pergerakannya atau masih manual. Hal ini mengurangi aktifitas tangan untuk melakukan kegiatan lainnya. Troli digunakan untuk mengangkut berbagai macam barang seperti peralatan rumah sakit, makanan, minuman, peralatan industry.

Pendistribusian makanan dan obat-obatan pasien rawat inap RSUD DR. R Koesma Tuban dilakukan dengan menggunakan troli dan didorong secara manual oleh perawat dari ruang gizi menuju kamar pasien. Jarak tempuh yang dijangkau juga cukup jauh. Hal tersebut menjadikan troli makanan masih memiliki keurangan, yaitu membutuhkan banyak energi manusia dalam melakukan pendistribusian makanan. Selain itu untuk menimalisir kontak antara tenaga medis dengan pasien covid diperlukan alat yang dapat dioperasikan oleh tenaga medis dari jarak jauh. Sehingga diperlukan inovasi teknologi untuk menimalisir penularan penyakit covid. Inovasi dapat dilakukan dengan

menambahkan komponen elektronik berupa motor DC pada troller agar penggunaannya lebih mudah serta dapat dikontrol dari jarak jauh dengan penambahan kamera untuk komunikasi antara tenaga medis dan pasien. Maka dari itu diperlukan alat penggerak troli makanan menggunakan mikrokontroler dan remote control pada RSUD DR. R Koesma Tuban.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor DC

Motor Listrik DC atau *DC Motor* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

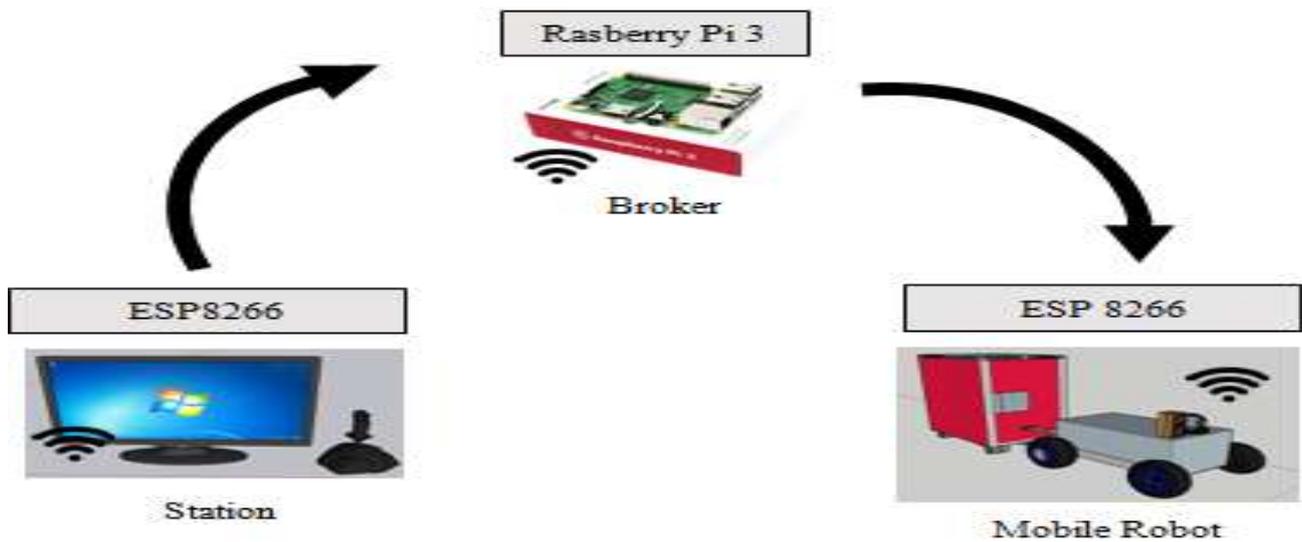
Terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor Listrik DC, yaitu *Stator* dan *Rotor*. *Stator* adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan. Sedangkan *Rotor* adalah bagian yang berputar, bagian Rotor ini terdiri dari kumparan Jangkar. Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen penting yaitu diantaranya adalah *Yoke* (kerangka magnet), *Poles* (kutub motor), *Field winding* (kumparan medan magnet), *Armature Winding* (Kumparan Jangkar), *Commutator* (Komutator) dan *Brushes* (kuas/sikat arang).

B. Pulse Width Modulation (PWM)

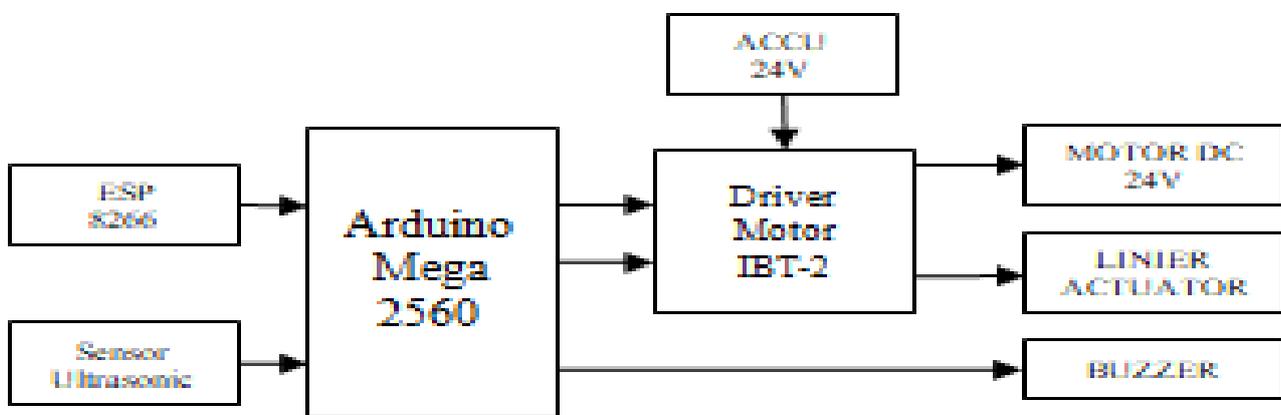
Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya [1].

C. MQTT

Message Queue Telemetry Transport (MQTT) adalah sebuah protokol komunikasi data *machine to machine* (M2M) yang berada pada layer aplikasi, MQTT bersifat *lightweight message* artinya MQTT berkomunikasi dengan mengirimkan data pesan yang memiliki header berukuran kecil yaitu hanya sebesar 2 *bytes* untuk setiap jenis data, sehingga dapat bekerja



Gambar 1. Diagram sistem.



Gambar 2. Diagram blok hardware mobile robot.

di dalam lingkungan yang terbatas sumber dayanya seperti kecilnya *bandwidth* dan terbatasnya sumber daya listrik, selain itu protokol ini juga menjamin terkirimnya semua pesan walaupun koneksi terputus sementara, protokol MQTT menggunakan metode *publish/subscribe* untuk metode komunikasinya [2].

D. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan fuzzy. Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar yang artinya suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam fuzzy dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran antara benar atau salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar kebenaran dan kesalahan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1 dan logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output dan mempunyai nilai kontiniu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat keanggotaan dan derajat kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [3].

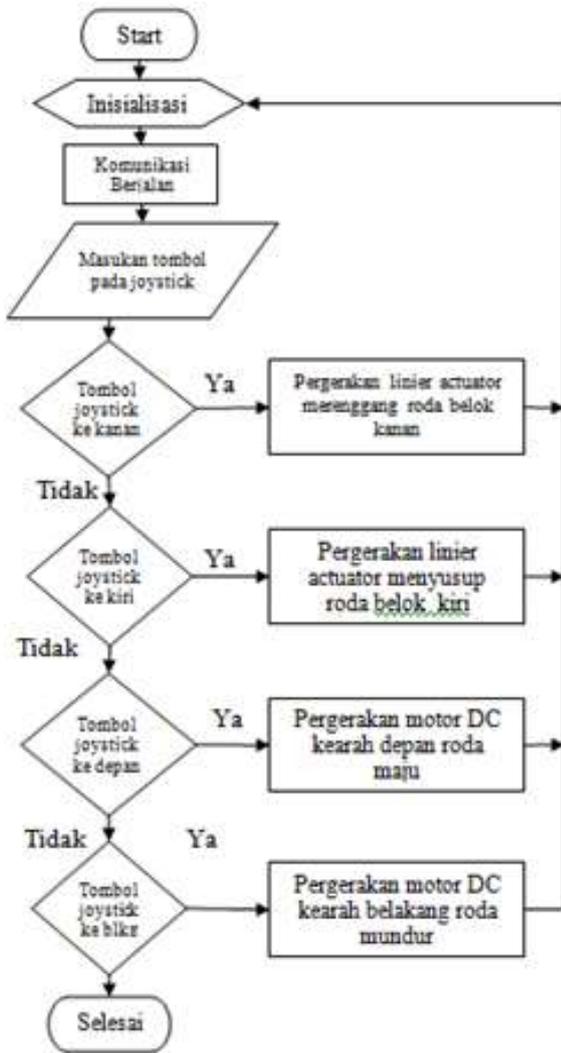
Dalam teori logika fuzzy dikenal himpunan fuzzy yang merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Didalam semesta pembicaraan (*discourse*), Fungsi keanggotaan dari suatu himpunan fuzzy tersebut bernilai 0 sampai dengan 1 [4].

E. Mobile Robot

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik baik menggunakan pengawasan dan control manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu. Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, dan pekerjaan yang berulang [5].

Mobile robot merupakan sebuah robot yang dapat bergerak dengan leluasa karena memiliki alat gerak untuk berpindah posisi. Secara umum dan mendasar sebuah mobile robot dibedakan oleh *locomotion mobile robot* atau sistem penggerak. Locomotion merupakan gerakan melintasi permukaan datar. Semua ini disesuaikan dengan medan yang akan dilalui dan juga tugas yang diberikan kepada robot [6].

Mobile Robot diklasifikasikan menjadi robot beroda dan robot berkaki. Perbedaan keduanya adalah pada sistem pergerakannya, yaitu di bagian mekanik robot yang terhubung langsung dengan aktuator yang terkontrol. Untuk robot beroda, aktuator dihubungkan ke mekanik roda dan untuk robot berkaki, aktuator dihubungkan ke alat gerak yang bentuk mekaniknya didesain menyerupai kaki. Dalam perancangan mobile robot jenis robot beroda maka struktur



Gambar 3. Flowchart sistem steering mobile robot.

dan bentuk fisiknya disesuaikan dengan alat gerak mobile robot berupa roda. Gerakan berpindah tempat yang bisa dilakukan oleh robot beroda termasuk ke dalam jenis gerak non holonomic [7].

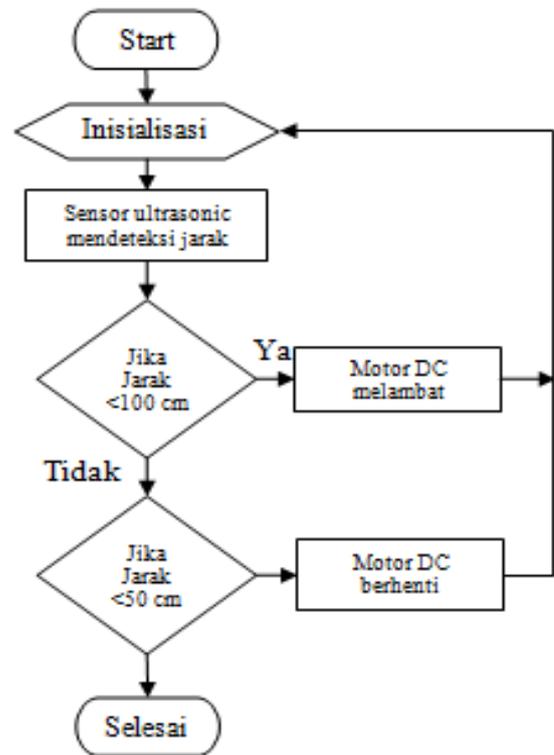
III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

A. Diagram Sistem

Gambar 1 merupakan diagram sistem, dalam suatu jaringan internet yang sama terdapat Raspery Pi 3 sebagai broker, Mobile Robot sebagai subscriber, dan Station sebagai Publisier. Pada Station terdapat joystick yang terhubung dengan ESP8266 sehingga inputan yang diberikan dapat diteruskan menuju ESP 8266 pada mobile robot sehingga dapat menggerakkan alat sesuai dengan perintah yang diberikan dengan menggunakan MQTT untuk protocol komunikasinya.

B. Diagram Blok Hardware

Gambar 2 merupakan diagram blok hardware. Sumber tegangan dari *supply Accu 24v* yang memberikan tegangan ke Driver motor IBT-2 sebagai pengatur gerak linier aktuator, Driver motor L298n sebagai pengatur perputaran roda belakang alat penggerak troli makanan dan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroller pada sistem ini. Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroller di control dari ponsel pengguna yang dihubungkan melalui module Wifi ESP8226, pada



Gambar 4. Flowchart pengereman dengan sensor jarak.

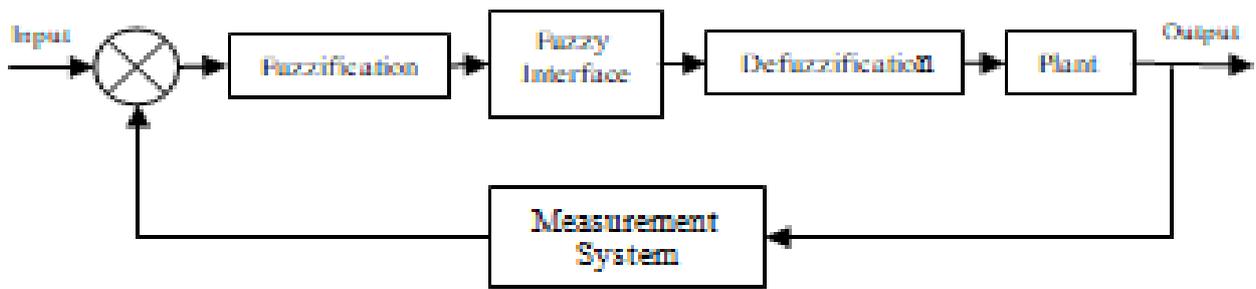
Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan Tanpa Metode Fuzzy

Nilai ADC	Nilai PWM	RPM
350	255	150.4
5000	255	150
9950	255	148
10000	0	0
12560	0	0
13000	0	0
13500	255	150.4
15903	255	149
21090	255	150

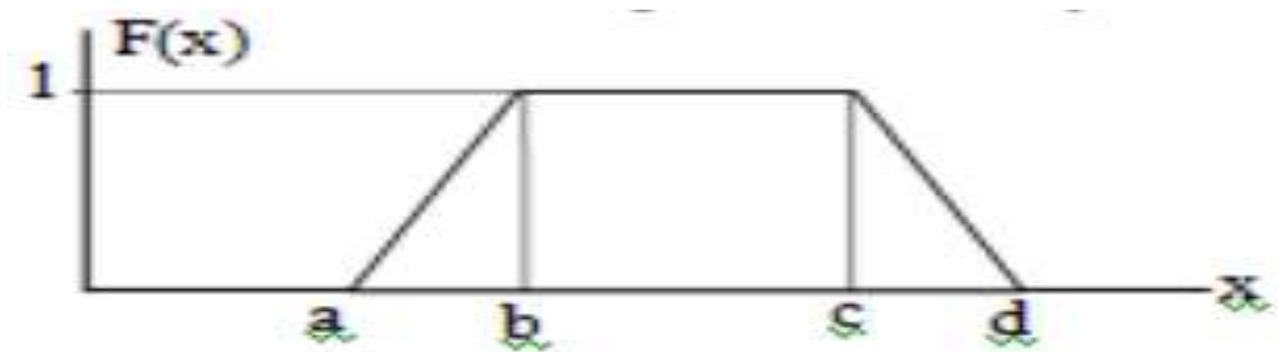
sistem ini driver motor IBT-2 digunakan untuk penggerak linier aktuator yang mengatur pergerakan roda depan alat penggerak troli makanan. Dalam pengaturan gerakan belakang pada alat penggerak troli makanan digunakan linier aktuator, kondisi awal linier aktuator meregang sebesar 50% dimana pada posisi ini, roda depan berada pada posisi lurus kedepan, Pada saat pengguna menekan tombol belakang kanan secara otomatis linier aktuator akan meregang dan roda bergeser ke sebelah kanan, Pada saat pengguna menekan tombol belakang kiri secara otomatis linier aktuator akan menyusup habis dan roda depan akan bergeser ke sebelah kiri. Untuk menggerakkan roda belakang digunakan Motor DC 24v dan dipasang menggunakan gear dan rantai. Potensio untuk mengatur kecepatan roda dari Motor DC. Sensor ultrasonic digunakan sebagai pendeteksi adanya objek yang terhalang, Jika terhalang maka *buzzer* akan berbunyi dan motor tidak akan bergerak. Saklar digunakan untuk menyambung dan memutuskan tegangan listrik dari *power supply*.

C. Flowchart

Pada Gambar 3 merupakan flowchart sistem steering pada Mobile Robot. Dalam pengaturan gerakan belok pada alat penggerak troli makanan digunakan linier aktuator yang dipasang pada roda depan mobile robot, kondisi awal linier aktuator meregang sebesar 50% dimana pada posisi ini roda



Gambar 5. Block diagram fuzzy logic controller.



Gambar 6. Tipe keanggotaan trapezium.



Gambar 7. Akhir mobile robot dengan beban troli 28kg.

depan berada pada posisi lurus kedepan, Sistem Steering pergerakan roda saat tombol joystick digerakkan ke arah kanan maka secara otomatis linier actuator akan meregang dan roda bergeser kearah kanan, Pada saat tombol joystick digerakkan ke arah kiri maka secara otomatis linier actuator akan meregang dan roda bergeser kearah kiri. Sedangkan dalam pergerakan maju dan mundur mobile robot digunakan motor DC, Pada saat tombol joystick digerakkan ke arah depan maka secara otomatis motor DC akan berputar kearah depan dan roda maju kearah depan. Pada saat tombol joystick digerakkan ke arah belakang maka secara otomatis motor DC akan berputar kearah belakang dan roda mundur kearah belakang.

Pada Gambar 4 merupakan fitur tambahan pada alat penggerak troli makanan berupa sistem keamanan apabila sensor jarak terhalang oleh suatu benda. Pada rangkaian sensor ultasonik akan mendeteksi jarak didepan roda apabila terdapat object yang berjarak <100 cm maka Motor DC akan melambat dan apabila terdapat object yang berjarak <50cm maka Motor DC akan berhenti.

D. Penerapan Metode Fuzzy

Pada diagram blok Gambar 5 terdapat input berupa nilai adc_x pada joystick, Pada fuzzification terdapat 2 variabel input yaitu saat maju dan mundur, *Fuzzy Interface* merupakan tahap dalam pengambil keputusan sesuai dengan nilai dari fuzzifikasi dan rule base yang telah dibuat. Prinsip logika fuzzy menggunakan kombinasi aturan jika-maka (if-then) untuk memetakan fuzzy input ke dalam himpunan fuzzy output, Defuzzifikasi himpunan fuzzy menjadi nilai yang sebenarnya berdasarkan aturan dan keputusan yang telah ditentukan Pemetaan membership function berdasarkan pembacaan batas kondisi yang ada di plant yaitu, slow, medium, fast. Sehingga menghasilkan output berupa PWM yang telah diatur menggunakan metode fuzzy

E. Hasil Akhir Perancangan Alat

Setelah memasukkan melakukan perancangan dan pembuatan alat didapatkan hasil seperti pada Tabel 1. Hasil dari wiring komponen berupa ESP 8266 dan ADS1115 dengan joystick, terdapat 2 input analog dari joystick

Tabel 2.
Hasil Pengujian Pada Matlab dan Mobile Robot

Kondisi	Nilai adcx Joystick	Output PWM		% error
		MATLAB	Mobile Robot	
Maju	13300	100	100	0%
	15610	168	125	0.2%
	17300	200	200	0%
	19848	230	202	0.1%
	21700	255	255	0%
Mundur	9020	100	100	0%
	7010	177	150	0.0%
	5170	200	200	0%
	2050	246	223	0.09%
	675	255	255	0%

Tabel 3.
Hasil Pengujian Derajat Belokan Roda

No.	Panjang Stroke	Derajat Belokan Roda
1.	100mm	60°
2.	125mm	75°
3.	150 mm	90°
4.	175mm	105°
5.	200 mm	120°

Tabel 4.
Hasil Pengujian Sensor Jarak

Pada Arduino	Pada Mobile Robot	% error	Kondisi
125.4 cm	125 cm	0.003%	Motor Berjalan
150.6 cm	150 cm	0.004%	Motor Berjalan
99.8 cm	100 cm	0.002%	Motor Berjalan Pelan
69.51 cm	70 cm	0.007%	Motor Berjalan Pelan
49.6 cm	50 cm	0.008%	Motor Berhenti
30.36 cm	30 cm	0.012%	Motor Berhenti
10.91 cm	10 cm	0.096%	Motor Berhenti

Tabel 5.
Hasil Pengujian Mobile Robot Tanpa Beban

Nilai ADC	Nilai PWM	RPM
14095	100	49.0
15173	150	83.4
15898	183	105.2
16463	200	119.8
18361	225	130.9
20232	241	141.2
22000	255	150.4

sehingga dibutuhkan ADS1115 untuk menambahkan pin analog pada ESP 8266.

Joystick yang telah dirangkai dapat digunakan dan ditempatkan pada ruang station atau controlling sehingga dapat melakukan control jarak jauh dengan mobile robot. Pada monitor diinstall software berupa AV380, IP Cam dan monitor harus terhubung dengan wifi sehingga dapat ditampilkan hasil kamera yang telah terpasang pada mobile robot.

Pada Gambar 7 merupakan hasil akhir dari perancangan dan pembuatan yang telah dilakukan. Dengan penambahan beban berupa troli makanan 28kg. Pada mobile robot terdapat komponen wiring berupa Arduino Mega 2560, ESP 8266 dan beberapa komponen lainnya. Komponen tersebut terhubung dan disupply sebesar 5V oleh powerbank. Terdapat pula IP Cam untuk control kamera jarak jauh serta Indikator Battery untuk mengetahui kapasitas battery yang tersisa pada Aki.

Tabel 6.
Hasil Pengujian Mobile Robot dengan Beban Troli

Nilai ADC	Nilai PWM	RPM
13360	100	29.0
15200	150	53.4
15758	173	69.2
17463	200	89.8
18361	225	100.9
22000	255	125.4

Tabel 7.
Hasil Pengujian dengan Beban Tambahan

Beban	Nilai ADC	Nilai PWM	RPM	m/s
36 kg	13340	100	0	0
	14560	115	0	0
	15700	173	0	0
	19090	209	0	0
	21960	255	0	0
35 kg	13360	100	0	0
	14780	126	0	0
	15600	168	0	0
	18090	200	15.9	0.49
	22000	255	25	0.78
33 kg	13300	100	0	0
	14790	125	24.8	0.77
	15600	165	35	1.1
	15898	183	40	1.25
	21980	255	66.3	2.08
26 kg	13495	100	13	0.4
	15120	143	22.4	0.7
	17143	200	35	1.1
	19760	228	48.5	1.52
	21870	255	78.3	2.4
20 kg	13875	100	18.9	0.59
	15576	166	39.5	1.2
	17643	200	46	1.4
	18861	203	48	1.5
	21978	255	85.4	2.68
14 kg	14095	100	25.8	0.81
	15273	150	48	1.5
	17143	200	64.8	2.03
	19661	225	78.5	2.46
	21778	255	95.6	3
4 kg	13360	100	35	1.1
	15273	150	58.2	1.82
	17463	200	84.6	2.65
	19670	225	98.5	3.09
	22000	255	115.4	3.62

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Kecepatan Motor Tanpa Metode Fuzzy

Pada Pengujian Kecepatan Motor Pada Mobile Robot tanpa metode dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai RPM yang didapat saat diberi input. Pengujian ini dilakukan dengan mengatur pemrograman pada arduino berupa nilai 0 dan 1.

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dapat terlihat bahwa tanpa adanya metode fuzzy, hasil kecepatan yang didapatkan berupa nilai maksimum dan minimum berupa nilai PWM yaitu 255 dan 0. Sehingga diperlukan metode fuzzy sebagai

B. Pengujian Hasil Pengolahan Data Fuzzy

Pada pengolahan data fuzzy tipe keanggotaan yang digunakan yaitu trapezium dengan persamaan yang digunakan seperti berikut:

$$F(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ \frac{c-x}{c-d}, & c \leq x < d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$$

Dengan gambar grafik fungsi keangotaan seperti pada Gambar 6. Pada pengolahan data fuzzy dibuat aturan atau rule dimana menunjukkan input dan output yang diinginkan sesuai dengan metode fuzzy. Maka diperoleh hasil pada MATLAB yang telah dimasukan pengolahan data pada arduino pada Tabel 2 dan hasil pada mobile robot.

Data pada Tabel 2 diperoleh dari perhitungannya tipe keangotaan trapezium fuzzy yang terdapat pada Gambar 7, sebagai contoh saat kondisi maju sedikit parameter yang dihasilkan pada pemrograman MATLAB berupa nilai $a=9760$, $b=12640$, $c=13360$, $d=16240$ dan diberikan input x berupa nilai $adc_{x_{maju}}$ seperti pada Tabel 3 kolom 1 sebesar 13300 maka saat $x=13300$ nilainya PWM sebesar 1 dimana saat kondisi majusedikit nilai maksimum PWM sebesar 100. Penggunaan metode fuzzy sebagai kontrol kecepatan motor DC memiliki % eror sebesar 0.12%

C. Pengujian Hasil Derajat Belokan Roda

Pada Pengujian Hasil Derajat Belokan Roda dilakukan untuk mengetahui kemampuan maksimum dan minimum Linier Actuator untuk meregang sehingga membuat roda berbelok (Tabel 3).

Spesifikasi Linier Actuator yang digunakan pada mobile robot memiliki kemampuan meragang maksimal sepanjang 200mm dan minimum sebesar 0mm, namun dikarenakan perancangan mekanik untuk memasang roda sehingga kemampuan meregang minimum hanya sebesar 100mm. Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa derajat belokan roda minimum sebesar 60° dan maksimum sebesar 120° . Hal ini mempengaruhi kinerja alat saat belok kurang maksimum dikarenakan kemampuan belokan roda yang hanya dapat bekerja sebesar 60° - 120° .

D. Pengujian Hasil Sensor Jarak

Pada Pengujian Hasil Sensor Jarak dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan jarak pada Sensor Ultrasonic. Pada Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pembacaan jarak pada serial monitor arduino dan dibandingkan dengan pembacaan jarak secara manual menggunakan penggaris. Pengujian ini tidak hanya pada pembacaan jarak namun juga kondisi motor saat sensor terhalang benda pada jarak tertentu, dengan program yang telah disetting saat jarak 50cm motor tidak akan berjalan.

Dari hasil pengujian pada Tabel 4 didapatkan % eror secara keseluruhan sebesar 0.02%, sehingga pengujian pada arduino dan mobile robot dapat terbilang akurat. Pada kondisi jarak lebih dari 100cm kondisi motor tetap berjalan, saat kondisi jarak kurang dari 100cm kondisi motor akan berjalan pelan dan saat kondisi jarak kurang dari 50cm kondisi motor akan berhenti, hal ini sesuai dengan program yang telah diatur.

E. Pengujian Kecepatan Motor Tanpa Beban

Pada Pengujian Kecepatan Motor Pada Mobile Robot tanpa beban dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai RPM yang didapat saat diberi input. Pengujian ini dilakukan

menggunakan alat ukur tachometer serta nilai yang ditampilkan pada serial monitor Arduino.

Pada Tabel 5 didapatkan hasil yang sesuai dengan metode fuzzy yang digunakan dimana semakin tinggi nilai adc yang dimasukkan maka semakin tinggi pula nilai RPM yang diperoleh. Sehingga joystick yang digunakan dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan masukan yang diberikan dengan aturan yang sudah dibuat. Pada hasil pengujian tersebut rpm maksimal yang didapatkan sebesar 150.4 RPM.

F. Pengujian Kecepatan Motor dengan Beban Troli 28kg

Pada Pengujian Kecepatan Motor Pada Mobile Robot dengan beban troli sebesar 28kg dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai RPM yang didapat saat diberi input. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat ukur tachometer serta nilai yang ditampilkan pada serial monitor Arduino.

Pada Tabel 6 didapatkan hasil berupa nilai ADC dan PWM yang terlihat pada serial monitor arduino serta nilai RPM yang terlihat pada tachometer digital. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa saat nilai PWM 100 maka RPM yang didapatkan sebesar 29 dan nilai maksimum RPM yang dihasilkan sebesar 125.4.

G. Pengujian Kecepatan Motor dengan Beban Tambahan

Pada Pengujian Kecepatan Motor Pada Mobile Robot dengan beban troli 28kg dan Beban Tambahan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai RPM yang didapat saat diberi input. Beban tambahan yang diberikan terdapat 7 kondisi yaitu saat 36 kg, 35kg, 33kg, 26kg, 20kg, 14kg dan 4kg Pengujian ini dilakukan menggunakan alat ukur tachometer serta nilai yang ditampilkan pada serial monitor Arduino.

Pada Tabel 7 didapatkan hasil berupa nilai ADC dan PWM yang terlihat pada serial monitor arduino serta nilai RPM yang terlihat pada tachometer digital. Pada pengujian beban tambahan sebesar 36kg dapat terlihat bahwa motor tidak berjalan sama sekali dan saat pengujian beban tambahan sebesar 35kg motor dapat berjalan saat nilai PWM menunjukkan nilai 200 dengan hasil RPM sebesar 15.9. Pada pengujian beban tambahan sebesar 33kg dapat terlihat bahwa motor tidak berjalan saat nilai PWM menunjukkan angka 100 dan baru dapat berjalan saat nilai PWM melebihi 125 dengan hasil RPM yang didapatkan sebesar 24.8. Kecepatan maksimum yang dihasilkan mobile robot saat diberi beban tambahan 33kg sebesar 66.3 Rpm.

Pada pengujian beban tambahan sebesar 14 kg didapatkan hasil berupa nilai PWM sebesar 100 dengan nilai rpm sebesar 25.8, sedangkan nilai maksimum yang dihasilkan mobile robot saat diberi beban tambahan 14kg berupa 95.6 rpm. Pada pengujian beban tambahan sebesar 4 kg didapatkan hasil berupa nilai PWM sebesar 100 dengan nilai rpm sebesar 35, sedangkan nilai maksimum yang dihasilkan mobile robot saat diberi beban tambahan 14kg berupa 115.4 rpm. Dari data-data yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa beban tambahan maksimum pada mobile robot hanya dapat menampung beban sebesar 36 kg dengan kecepatan minimum sebesar 15.9 RPM, sehingga total beban yang dapat ditarik mobile robot sebesar 63 kg termasuk dengan troli makanan.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja alat yaitu,

Sistem yang dihasilkan memiliki time delay pada koneksi antar jaringan ESP2866 selama 2s sehingga data yang didapatkan tidak realtime. Penggunaan metode fuzzy sebagai kontrol kecepatan motor DC memiliki % eror sebesar 0.12%. Beban yang terdapat pada mobile robot dapat mempengaruhi kecepatan motor, semakin berat beban yang diberikan maka semakin kecil pula rpm yang dapat dihasilkan. Beban maksimum yang dapat ditarik oleh mobile robot sebesar 63 kg (troli 28kg & beban tambahan 35kg) dengan kecepatan minimum 15.9 RPM. Kemampuan derajat belokan roda hanya berkisar antara 60°-120°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. Sinaga, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang bangun inverter 1 phasa dengan kontrol pembangkit pulse width modulation (PWM)," *Electrician*, vol. 11, no. 2, 2017, doi: <https://doi.org/10.23960/elc.v11n2.2027>.
- [2] H. A. Rochman, R. Primananda, and H. Nurwasito, "Sistem kendali berbasis mikrokontroler menggunakan protokol MQTT pada smarhome," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 6, pp. 445–455, 2017.
- [3] H. P. Kusumadewi, Sri, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 12th ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [4] P. A. Pratiwi, "Perancangan Sistem Pengendalian Level Menggunakan Fuzzy Logic pada Unit Deaerator 101U di Pabrik Ammonia PT. Petrokimia Gresik," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [5] M. K. Utami, "Penggunaan Potensiometer Sebagai Sensor Posisi pada Lengan Robot Berjari Pengikut Gerak Lengan Manusia Berbasis Mikrokontroler," pp. 5–18, 2014.
- [6] W. Kasoep, "Rancang bangun mobile robot micromouse untuk pencarian rute terpendek menggunakan Algoritma Flood Fill," *J. Inf. Technol. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 8–16, 2017, doi: 10.25077/jitce.1.01.8-16.2017.
- [7] M. Ariandi, "Sistem Navigasi Robot Pembantu Orang Cacat (Implementasi pada Kompetisi Trinity College Assitive Robotics: Robo Waiter)," Universitas Komputer Indonesia, 2020.